

R003-03

D会場：11/5 PM1 (13:45-15:30)

14:15~14:30

海底地形効果を考慮した3次元比抵抗構造解析手法の開発

#小畑 拓実¹⁾, 荒木 将允¹⁾, 松野 哲男²⁾, 南 拓人¹⁾, 島 伸和^{1,2)}

(¹⁾ 神戸大・理・惑星, (²⁾ 神戸大学海洋底探査センター

Development of 3D resistivity structure analysis method considering the effects of seafloor topography.

#Takumi Obata¹⁾, Masamitsu Araki¹⁾, Tetsuo Matsuno²⁾, Takuto Minami¹⁾, Nobukazu Seama^{1,2)}

(¹⁾ Dept. of Planetology, Science, Kobe Univ., (²⁾ Kobe Ocean-Bottom Exploration Center, Kobe Univ.

The purpose of this study is to advance the understanding of the magma supply system leading to giant caldera eruptions. The Kikai caldera volcano, the subject of our research, is located in the southern part of Kagoshima Prefecture and has repeated giant caldera eruption. The existence of lava dome inside the caldera suggests that the magma was supplied to this volcano even after the latest giant caldera eruptions at 7.3Ma (Tatsumi et al., 2018). We explore the magma supply system by estimating the resistivity structure beneath the seafloor of Kikai caldera volcano. For this reason, we are acquiring new seafloor MT data by installing and recovering Ocean Bottom ElectroMagnetometer (OBEM), and developing a method to analysis obtained data. In locations with highly variable seafloor topography, such as around Kikai caldera sea area, an analytical method that can accurately account for topographic effects is necessary because the electromagnetic field distortion caused by topographic undulations affects the estimated subsurface structure. Baba and Seama (2002) proposed the FS technique as an easy way to represent seafloor topography with a small computational grid. In this method, they set two horizontal layers of equal thickness (hereafter referred to as FS-seawater layer and FS-crustal layer) in the depth range where the seafloor surface exists, and represent the undulations of the seafloor topography by varying their resistivity values. Araki et al. (2021) applied the FS technique into ModEM (Egbert and Kelbert, 2012; Kelbert et al., 2014), which is the three-dimensional inversion code for subsurface resistivity structures. In an ideal tanh-functional bathymetry model, they confirmed that the inclusion of a thin boundary layer between the FS-seawater layer and the FS-crustal layer produces results similar to those obtained when topographic changes are directly represented by a large number of small-sized grids.

Aiming to estimate the resistivity structure by effective analysis of the observed data in the Kikai caldera sea area, we 1) have further improved the ModEM method by applying the FS technique, 2) show the effectiveness of this method in inversion, and 3) investigate the sensitivity of the method to the expected subsurface structures such as magma chambers. 1) For Further improvement of the analysis method, we solved the problem in the conventional method where the calculated MT impedance at short periods deviates from the predicted value. Since it became clear that this problem was caused by the conversion of the resistivity values of the FS-crustal layer, we developed a method to convert only the resistivity values of the FS-seawater layer and named this method "ModEM+FS". Forward modeling with ModEM+FS showed that more than 20% decrease in apparent resistivity from the predicted value at a period of 10s, was reduced to about 2% on a cos-functional mountain bathymetry model when the FS layer was set so that the vertical length of the crustal grids at the summit was transformed by half. Note that the results obtained using ModEM with a finer discretization of the model were closer to one obtained with ModEM+FS. This indicates that ModEM+FS can accurately represent topographic effects without fine discretization of the grid. 2) Inversion is performed using the pseudo-data. We get pseudo-data (pseudo-data including topographic effects) by calculating the forward result by ModEM+FS in a model with resistive and conductive bodies placed underground and cos-functional mountain bathymetry, and adding noise. Inversion results are confirmed by the degree of recovery of the anomalous body. In addition, we compare the inversion results of the pseudo-data without topographic effects assuming a flat bathymetry, and confirm that the developed ModEM+FS inversion can take proper account of the topographic effects in the data. Furthermore, we compare the inversion results of the pseudo-data including topographic effects assuming flat bathymetry, and confirm the importance of properly accounting for the undulations of the seafloor topography in the model when inverting data with topographic effects. 3) In the sensitivity test, the resistive and conductive bodies are placed in the subsurface of a model that represents the seafloor topography around the Kikai caldera, and inversion is performed using ModEM+FS. The calculation position is adjusted to the observation points in the Kikai caldera sea area. The sensitivity to magma chamber is checked by changing the size of the resistive and conductive bodies.

本研究の目的は、巨大カルデラ噴火を導いたマグマ供給系の理解を進めることである。研究対象とした鬼界カルデラ火山では、鹿児島県の南方に位置し、巨大カルデラ噴火が繰り返されてきた。また、現在、カルデラ内部で溶岩ドームの存在が確認されており、直近の巨大カルデラ噴火(7.3ka)以降もマグマが供給されている可能性が指摘されている(Tatsumi et al., 2018)。我々は、鬼界カルデラ火山海底下の比抵抗構造を推定することによりマグマ供給過程を調べている。このために、海底電位差磁力計(OBEM)の設置、回収による海底MTデータの拡充を進めるとともに、得られたデータの解析手法の開発も進めている。鬼界カルデラ周辺のような海底地形の変化が激しい場所では、地形の起伏によって生じる電磁場の歪みが推定される地下構造に影響を与えるため、地形効果を精度良く考慮できる解析手法が必要である。少ない計算グリッドで海底地形を容易に表現する方法として、FS法(Baba and Seama, 2002)がある。この手法では、海底

面が存在する深さ範囲を厚さの等しい2つの水平層(以下、FS海水層、FS地殻層と呼ぶ)に置き換え、それらの比抵抗値を変化させることで海底地形の起伏を表現する。荒木ほか(2021)は、地下比抵抗構造の三次元インバージョンコード ModEM(Egbert and Kelbert, 2012; Kelbert et al., 2014)にFS法を導入した。理想的な tanh 関数型の海底地形モデルにおいて、FS海水層とFS地殻層の間に薄い境界層を入れることで、地形変化をサイズの小さな多数のグリッドで直接表現した場合と近い結果が得られることが確認された。

本研究では、鬼界カルデラ海域における観測データの効果的な解析による比抵抗構造の推定を目指して、1)FS法を導入した ModEM 手法の更なる改良を行い、2)同手法によるインバージョンでの有効性を示し、3)期待されるマグマだまり等の地下構造に対する感度を調べる。1)の解析手法の更なる改良では、従来手法における、短周期での MT インピーダンスの計算結果が予測値から離れる問題を解決した。この問題は、FS地殻層の比抵抗値の変換によって生じることが明らかになったため、FS海水層の比抵抗値のみを変換する手法を開発し、『ModEM+FS』と名付けた。cos関数による山型海底地形モデルに対して ModEM+FS でフォワードモデリングを行ったところ、山頂における地殻側のグリッド鉛直長さが半分に変換されるようにFS層を設定すると、周期10秒で生じていた見掛け比抵抗の予測値からの20%以上の低下幅が、2%程度に減少した。なお、より細かく離散化したモデルで ModEM を使用した結果ほど、ModEM+FS による結果に近づいた。このことは、ModEM+FS を用いると、グリッドの細かい離散化を行わずとも、地形効果を精度良く表現できていることを示している。2)のインバージョンでは、cos関数による山型地形において、地下に抵抗体・導電体を置いたモデルの ModEM+FS によるフォワード結果にノイズを加えた擬似データ(地形効果を含む擬似データ)を用い、ModEM+FS でインバージョンを行う。インバージョン結果は、異常体の回復度合いにより確認する。また、地形効果を含まない擬似データを、平坦な地形を想定して行うインバージョンの結果と比較し、開発した ModEM+FS インバージョンがデータの地形効果を適切に考慮できていることを確認する。さらに、地形効果を含む擬似データを、平坦な地形を想定してインバージョンを行う結果と比較し、地形効果を含むデータのインバージョンにおいて、海底地形の起伏をモデル中で適切に考慮する重要性を確認する。3)の感度調査では、鬼界カルデラ海域周辺の海底地形を表現したモデルの地下に抵抗体・導電体を置いて、ModEM+FS でインバージョンを行う。計算位置は鬼界カルデラ海域における観測条件に合わせる。抵抗体・導電体のサイズを変化させて、マグマだまりに対する感度を確認する。